

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-98476

(P2003-98476A)

(43) 公開日 平成15年4月3日 (2003.4.3)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマト* (参考)

G 0 2 B 27/18

G 0 2 B 27/18

Z 2 H 0 8 8

27/48

27/48

2 K 1 0 3

G 0 2 F 1/13

5 0 5

G 0 2 F 1/13

5 0 5

G 0 3 B 21/00

G 0 3 B 21/00

E

21/14

21/14

A

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願2002-240224(P2002-240224)

(22) 出願日

平成14年8月21日 (2002.8.21)

(31) 優先権主張番号

09/940, 196

(32) 優先日

平成13年8月27日 (2001.8.27)

(33) 優先権主張国

米国 (U S)

(71) 出願人 590000846

イーストマン コダック カンパニー

アメリカ合衆国, ニューヨーク14650, ロ

チェスター, ステイト ストリート343

(72) 発明者

ブライアン イー クルシュバイツ

アメリカ合衆国 ニューヨーク ロチェス

ター ロシター ロード 47

(72) 発明者

アンドリュー エフ クルツ

アメリカ合衆国 ニューヨーク ロチェス

ター キャサウェイ パーク 93

(74) 代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外1名)

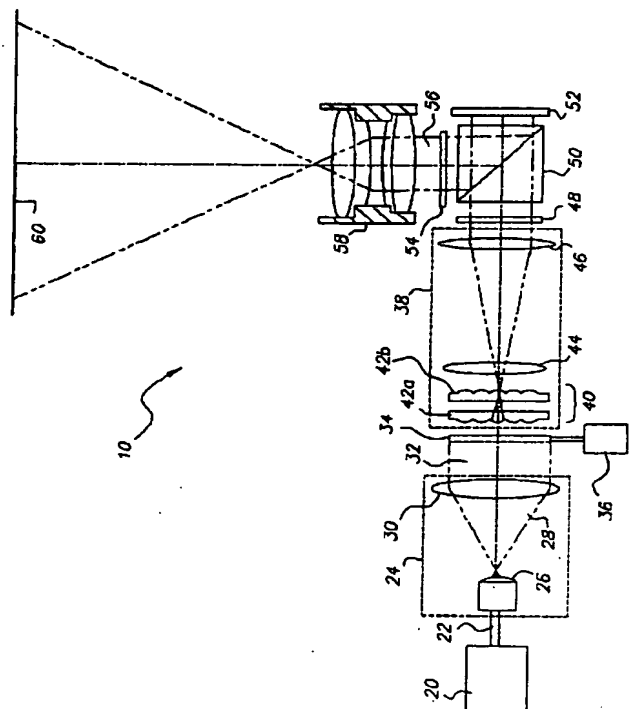
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ投影型表示システム

(57) 【要約】

【課題】 スペックルの低減を示し、高いスループット効率を示しながら空間光変調器側のコヒーレンス・アーティファクトを除去可能なレーザベースの表示装置を提供する。

【解決手段】 表示装置は、光ビームを放射するためのレーザ光源と、光ビームを拡大するためのビーム拡大器と、空間光変調器と、空間光変調器を均一に照らすために拡大したレーザ・ビームを成形するためのビーム成形光学系であって、小型レンズのアレイを有するフライ・アイ (ハエの眼) インテグレータを含むビーム成形光学系と、レーザ光源と空間光変調器の間のレーザ・ビーム内に位置する移動拡散器とを含む。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 (a) 光ビームを放射するためのレーザ光源と、

(b) 光ビームを拡大するためのビーム拡大器と、

(c) 空間光変調器と、

(d) 空間光変調器を均一に照らすために拡大したレーザ・ビームを成形するためのビーム成形光学系であって、小型レンズのアレイを有するフライ・アイ（ハエの眼）インテグレートを含むビーム成形光学系と、

(e) レーザ光源と空間光変調器の間のレーザ・ビーム内に位置する移動拡散器とを含む、表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光源としてレーザを使用する投影型表示装置に関する。より詳細には、本発明は、ディスプレイ内に現れるコヒーレンス誘導アーティファクトおよびスペckルの出現を低減するための手段を有するレーザ投影型表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ビデオ画像を表示するための投影型表示システムは従来技術では周知のものである。通常、このようなシステムは、適切なカラー・フィルタリングによって白色光源ととりわけキセノン・アーク・ランプが1つまたは複数の光弁または空間光変調器を照らして所望の画像を形成し、その画像がビューイング・スクリーン上に投影されるという基本的形態を取っている。

【0003】レーザは、投影型ディスプレイ用のアーク・ランプに代わる魅力的な代替光源であると知られている。潜在的な利点の1つは、色域が拡大され、色の飽和度が非常に高いことを特徴とすることである。レーザ照明は、単純かつ低コストで効率的な光学系の可能性をもたらし、何らかの空間光変調器と対になったときに効率が改善され、コントラストが高くなる。投影型ディスプレイ用のレーザの欠点の1つは、可視波長で十分な出力を備えた費用効果の高いレーザ源が欠落していることである。

【0004】空間光変調器は、レーザ表示システムを可能にする、もう1つのコンポーネントを提供する。二次元空間光変調器の例としては、JVC、Three-Five、Aurora、Philipsから入手可能なリキッドクリスタル・オン・シリコン（LCOS）変調器などの反射型液晶変調器や、Texas Instrumentsから入手可能なデジタル光処理（DLP）チップなどのマイクロミラー・アレイがある。一次元アレイ変調器やラスタ走査システムより二次元変調器が優れている点は、走査が不要であることと、変調器アレイ内の不均一性によるすじ状アーティファクトがないことと、フレーム・リフレッシュ速度よりかなり高い周波数（>120Hz）ではレーザ・ノイズの影響を受

けないことである。二次元空間光変調器のもう1つの利点は、照明ビームの空間的コヒーレンスを低減するための許容度が大きいことである。一次元または線形空間光変調器の例としては、Silicon Light Machines製の格子光弁（GLV）や、等角格子変調器があり、2001年10月23日にKowarzに対して交付された米国特許第6307663号およびKowarz他により2001年5月30日に出願された米国出願第09/867927号を参照されたい。

10 【0005】高出力可視レーザは、色域の拡張および光学設計の簡略化の可能性を含む、投影システムの設計のために新たな機会をもたらすが、レーザ光はその他の点では空間光変調器を備えた画像投影システムで使用するために最適なものではない。特に、レーザは非常に明るい光源であり、一般に非常に小さい光学容積（エタンデュまたはラグランジュ）内のコヒーレント光を放射する。エタンデュは、焦点におけるビームの立体角とフォーカル・スポット面積との積である。ラグランジュは、フォーカル・スポット半径と開口数との積である。たとえば、回折限界ビームを備えた単一モード緑色波長レーザは約0.3μmのラグランジュを有し、これは、アーク・ランプなどの従来の白色光ランプ光源のラグランジュの約15000倍の小ささである。このような小さいラグランジュのレーザは、厳重に制御されたビームが望ましいフライング・スポット・プリンタやレーザ光ショーのためのものを含む、ラスタ走査システムで非常に効果的に使用することができる。

30 【0006】これに対して、画像投影システムでは、フィルムなどの画像運搬媒体または空間光変調器がスクリーンまたはターゲット平面に結像され、結局、レーザのコヒーレンスの高さやラグランジュの小ささは望ましくない。このような結像システムのラグランジュは、投影領域の線形サイズ（空間光変調器のサイズ）に集光レンズの開口数を掛けたものによって決まる。関連の量であるエタンデュは同様に計算される。多くの白色光投影システムの映写レンズは、できるだけ多くの光を集めるために非常に高速（たとえば、 $f/3$ ）になっている。そうではあっても、典型的な白色光ランプ光源は光弁と映写レンズの両方からあふれ、相当な光が失われる。たとえば、一般的な0.9"（22.86mm）対角線長の光弁と $f/3$ 映写レンズを使用する代表的なシステムでは、最適光源は、あふれずに適度に満たすために約2.0mmのラグランジュを有することになるだろう。しかし、2~10mmという典型的なラグランジュを備えた標準的な白色光ランプは十分な明るさではなく、一般に、この代表的システムからあふれることになる。

50 【0007】画像域投影法を使用するレーザ表示システムの場合は、レーザが明るすぎるという反対の問題が発生する。さらに、表示した画像に重なる可能性のある縞などの干渉効果が発生する可能性があるため、コヒーレ

ント源で空間光変調器を照らすのは望ましくない。これは特に、薄膜構造の結果、膜層の不均一性のために画像に縞ができる可能性のある液晶変調器に当てはまることである。同様に、光弁全体のコヒーレント照明によって人工的なビーム・アポダイゼーションが発生する可能性があるが、これは画像内容に依存するものであり、ピクセルまたはピクセル・グループによる回折から発生する。また、コヒーレントが高い光ビームによって、液晶パネルのグリッド電極パターン、中心不連続のあるX立方体、または光学素子上のほりまたは欠陥を照らすことから、回折アーティファクトが発生する可能性もある。したがって、光源の明るさの低減（または光源のラグランジュの増加）はこのようなレーザ投影システムにとって必要不可欠なものである。

【0008】光源の明るさを定義通りに低減することも重要な機会をもたらす可能性がある。投影型ディスプレイの光学系は、解像力、システム光の効率、システムの簡潔性に関するシステム要件を最適化し、それらのバランスを取るよう設計することができる。システム光の効率以外の基準を基礎としてシステムのf数を定義することにより、映写レンズ、カラー・フィルタ、偏光オブティクスなど、その他のシステム・コンポーネントに関する仕様を緩和することができ、ランプベースの投影システムに比べ、システム・コストを大幅に低減することができる。

【0009】投影型ディスプレイの照明および結像システムで使用するためにレーザ源を最適化することができるが、その結果生じる主な欠点として、スペックルを処理しなければならない。スペックルは、ほとんどのレーザ源に固有の高度のコヒーレンス（空間的コヒーレンスと時間的コヒーレンスの両方）のために発生する。スペックルにより、粒状組織として現れるノイズ成分が画像内に生成されるが、どちらも画像の実際の鮮明度を低下させ、見る人を悩ますことになる。このため、スペックル問題ならびに歴史的に適切なレーザ源が欠落していることにより、市場向きのレーザベースの表示システムの開発が妨げられてきた。

【0010】従来技術では、スペックルを低減しようと試みる方法が豊富にある。一般的な手法の1つは、レーザ光の線幅を広げることによって時間的コヒーレンスを低減することである。時間的コヒーレンスを低減するためのその他の手法は、照明波面を複数のビームレットに分割し、レーザのコヒーレンス時間より長い時間だけ、そのビームレットを互いに遅らせることであり、たとえば、1993年6月29日にRasmussen他に交付された米国特許第5224200号を参照されたい。スペックル・パターンの可視性を低減するもう1つの方法は、振動によってスペックル・パターンを動的に変化させるかまたはスクリーンを動的に改変することである。たとえば、1993年12月21日にThompson

on他に交付された米国特許第5272473号を参照されたい。もう1つのスペックル低減手法は、1971年6月28日にMathisenに交付された米国特許第3588217号に記載されているように、レーザ光を多モード光ファイバに結合し、そのファイバを振動させてモードスクランブルを引き起こすことを含む。

【0011】他の一連のスペックル除去解決策では、プロジェクタ・システム内で移動または振動する拡散素子を使用する。通常、これは、1977年7月12日にRawsonに交付された米国特許第4035068号に開示されているように、中間像平面で行われる。この手法の欠点の1つは、拡散が正確に像平面で行われなければならないことであり、そうでなければ、画像の軟化が発生することになる。また、中間像平面を設けなければならないことによって、映写レンズが複雑になる。装置の照明路内のレーザ・ビームを動的に拡散することによりスペックル・パターンを動的に変化させる手段が好ましいだろう。この手法を使用するホログラム照明システムは、1970年1月20日に交付された米国特許第3490827号でvan Ligtenによって開示されているが、同特許ではビーム拡大器の焦点内で拡散器が回転する。Florenceは1994年5月17日に交付された米国特許第5313479号において、回転拡散器によって光弁を照らすことを開示している。これらの手法は、矩形空間光変調器を均一かつ効率的に照らす場合に適合できないという欠点を有する。Butterworth他は、1999年12月21日に交付された米国特許第6005722号において、ライトパイプ・ホモジナイザの照明中に可変厚プレートを回転させるシステムを開示している。しかし、レーザとともに使用すると、ライト・パイプ・ホモジナイザは、十分な均一性を達成するために大きい開口数かまたは相当な長さを必要とするので、制御が低下し、フライ・アイ（ハエの眼）オブティクスを使って設計したシステムより設計の自由度も低下する。したがって、コンパクトなシステムで均一照明を発生しながら照明の明るさを制御することは、より難しくなっている。さらに、本発明者によって行われたモデリングによれば、映写距離が長い投影システムでは、スペックルを低減するためにスクリーンに対して共役の位置付近に拡散器を配置しなければならないことが示唆されている。この条件は、拡散器がライト・パイプの入力側にある、Butterworth他によって開示されたシステムでは達成されない。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】したがって、空間光変調器を使用し、システム設計を最適化するために照明の明るさを制御できるようにし、スペックルの低減を示し、高いスループット効率を示しながら空間光変調器側のコヒーレンス・アーティファクトを除去する、レーザベースの表示システムが求められている。

【0013】

【課題を解決するための手段】この要求は、光ビームを放射するためのレーザ光源と、光ビームを拡大するためのビーム拡大器と、空間光変調器と、空間光変調器を均一に照らすために拡大したレーザ・ビームを成形するためのビーム成形光学系であって、小型レンズのアレイを有するフライ・アイ（ハエの眼）インテグレートを含むビーム成形光学系と、レーザ光源と空間光変調器の間のレーザ・ビーム内に位置する移動拡散器とを含む表示装置を提供することによって満足される。

【0014】

【作用】本発明の表示装置は、高輝度と飽和色ならびにスペックルの大幅な低減を含む、レーザ表示システムのすべての利点を有する。また、この表示装置は、拡散器を使用した他のスペックル除去技法とは対照的に、画像品質と照明効率のいずれも犠牲にしないようにスペックルを除去する。さらに、本発明は、光学系の設計を最適化するために、照明のラグランジュ（またはエタンデュ）の制御を可能にする。

【0015】

【発明の実施の形態】図1を参照すると、本発明の一実施形態によるレーザ表示システム10は、連続方式またはパルス方式で所望の波長のレーザ・ビーム22を放射するレーザ20を含む。レーザ20は、たとえば、固体レーザ、ファイバ・レーザ、ガス・レーザ、または半導体レーザにすることができる。レーザ20は好ましくは、赤外線光パルス放射するレーザ・クリスタル（たとえば、Nd:YAG、Nd:YLF、Nd:YVO₄、またはYb:YAG）を含むダイオードレーザポンピング固体レーザであり、レーザ・クリスタルからの赤外線光パルスを赤色、緑色、青色の光パルスに変換する非線形光学系（通常は光学パラメトリック発振器（OPO））を含む。レーザ20に適したモードロックRGBレーザは、Lumera Laser GmbHおよびJenOptik製のものである。もう1つの適当なレーザはQ-Peakが開発したQスイッチRGBレーザである。簡潔にするため、レーザ表示システム10は、1つの波長の場合のみについて示す。

【0016】ビーム拡大光学系24はレーザ・ビームを拡大し、名目上、ビーム成形光学系38の開口部を満たすのに必要な径を備えた平行ビーム32を発生する。ビーム拡大光学系24は、たとえば、光学分野の当業者にとって周知のように、無限焦点対のレンズにすることができる。別法として、たとえば、3素子ズームのガリレイまたはケプラー・ビーム拡大器を使用することも可能である。無限焦点対のビーム拡大光学系24は、発散レンズ26とコリメーティング・レンズ30を含む。発散レンズ26は、単レンズにすることもまたは顕微鏡対物レンズなどの複合レンズにすることができ、光ビーム22を発散ビーム28に変換す

る。コリメーティング・レンズ30は、単レンズまたは複合レンズにすることができ、発散ビーム28を平行ビーム32に変換する。

【0017】拡散器34は、レーザ20とビーム成形光学系38の間に配置され、投影システムの結像要件に合うようにレーザ光の明るさまたはエタンデュを変更する。拡散器34は、最大拡散角 θ_0 を有するように設計され、好ましくは、Physical Optics Corp. 製のようなホログラフィ拡散器であるかまたはCorning-Rochester Photonics Corp. 製のようなランダム化したマイクロレンズ・アレイである。

【0018】ビーム成形光学系38はフライ・アイ（ハエの眼）インテグレート40を含む。フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート40は、液晶空間光変調器52の領域一面にわたって効率的に均一に照らす。フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート40は、第1の小型レンズ・アレイ42aと第2の小型レンズ・アレイ42bとを含み、通常、これらは同一である。第1および第2の小型レンズ・アレイ42aおよび42bは、二次元パターンに配列され、球面を備えた複数の小型レンズを含む。第1の小型レンズ・アレイ42a内の各小型レンズが第2の小型レンズ・アレイ42b内の対応する小型レンズに光を集束させるように、第2の小型レンズ・アレイ42bは、第1の小型レンズ・アレイ42a上の小型レンズの焦点距離程度だけ、第1の小型レンズ・アレイ42aから分離されている。小型レンズは、照明の所望のアスペクト比に等しいアスペクト比を備えた矩形形状を有し、それは通常、液晶空間光変調器52のアスペクト比に匹敵する。第1の小型レンズ・アレイ42aと第2の小型レンズ・アレイ42bが互いに異なるが、所望の照明を提供するように調和している、その他の設計も可能である。

【0019】別法として、第1および第2の小型レンズ・アレイ42aおよび42bは、単一ブロックのガラスまたはプラスチックに統合することができる。また、特に、小さい拡散角を使用する場合は、第2の小型レンズ・アレイ42bを使用せずに本発明を実施することもできる。

【0020】ビーム成形光学系38は、フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の後ろに位置する集光レンズ44と視野レンズ46も含む。第2の小型レンズ・アレイ42bは、集光レンズ44と相俟って、オーバーラップ方式で第1の小型レンズ・アレイ42aの小型レンズを結像させて、液晶空間光変調器52側で矩形領域を均一に照らすように機能する。視野レンズ46は、デフォーカス・エラーに合わせてシステムの感度を落とし、照明の総開口数を最小限にするために、液晶空間光変調器52をテレセントリックに照らす。視野レンズ46は、名目上、小型レンズの焦点距離に照明画像の

倍率を掛けたものに等しい焦点距離を有する。同様に、視野レンズ46と集光レンズ44の間隔は、照明をテレセントリックにするために視野レンズ46の焦点距離にほぼ等しくなければならない。小型レンズ・アレイと集光レンズ44の焦点距離は、通常、比較的容易に光学機構を設計できるように液晶空間光変調器52付近に十分な作動距離をもたらしように選択される。

【0021】液晶空間光変調器52は、矩形領域上に二次元アレイとして配置された複数の変調器素子またはピクセル（図示せず）を含む。好ましい実施形態の液晶空間光変調器52は、JVCから入手可能なD-I-LAデバイスなどのリキッドクリスタル・オン・シリコン（LCOS）パネルであるかまたはPhilips、3M、Auroraから入手可能なその他のLCOSパネルである。

【0022】液晶光弁を使用する投影型表示システムは、パフォーマンスを最大限にするために、照明の偏光を慎重に制御する必要がある。この意味でレーザは重要な利点をもたらす。というのは、それが放射する光は通常、高度に偏光されている（たとえば、100:1）からである。しかし、一部の拡散器は光ビームの偏光を解消するものとして知られており、したがって、拡散器34の偏光保持特性に応じて、拡散器34と液晶空間光変調器52の間に任意のプリポラライザ48が必要になる可能性がある。拡散器の偏光保持特性は基板材料に依存し、プラスチック基板はガラス基板より大幅に光ビームの偏光を解消することができる。実験室の実験では、0.76mm厚のポリカーボネートのホログラフィ拡散器を通過したときにポリカーボネートに固有の複屈折により直線偏光入射光が楕円率21.7°の楕円偏光に変換されることが観察された。これに対して、2mm厚の二酸化珪素のホログラフィ拡散器では、測定可能な偏光の変化はまったく観察されなかった。

【0023】偏光ビーム・スプリッタ50は視野レンズ46と液晶空間光変調器52の間に配置されている。この偏光ビーム・スプリッタは、偏光した入射光を液晶空間光変調器52に伝導する。最良のコントラストを得るためには、プリポラライザ48の好ましい位置は偏光ビーム・スプリッタ50の直前である。液晶空間光変調器52上の個々のピクセルは、偏光を変更することによって光を変調し、光ビーム22に対して直交偏光した光の成分を生成する。直交偏光の割合は、液晶空間光変調器52の各ピクセルに電圧を印加することによって制御する。したがって、光ビーム22から直交偏光された変調光ビーム56は偏光ビーム・スプリッタ50によって反射される。偏光ビーム・スプリッタ50の後の結像路内に検光子54を配置して、ディスプレイのコントラストを改善することができる。偏光ビーム・スプリッタ50は好ましくは、米国特許第2403731号で開示されたタイプのマックニール形プリズムであり、同特許は参

照により本明細書に組み込まれる。

【0024】検光子54によって伝導される変調光ビーム56は映写レンズ58によって集められる。映写レンズ58は、液晶空間光変調器52の像をスクリーン60上に形成する。スクリーン60は、映画などのフロントプロジェクション・アプリケーション用の反射スクリーンにするか、あるいはコンピュータ・モニタまたはホーム・シアタなどのリアプロジェクション・アプリケーション用の透過拡散スクリーンにすることができる。

10 【0025】図1は、偏光ビーム・スプリッタ50によって入射光が伝導される場合を示しているが、レーザ表示システム10は、入射光が偏光ビーム・スプリッタ50によって反射される状態で構成することもできる。別法として、偏光ビーム・スプリッタ50用を示されているビーム・スプリッタ立方体の代わりに、プレート偏光ビーム・スプリッタまたはワイヤグリッド・ポラライザを使用することができる。さらに、所与のレーザ波長のコントラストを最大限にするために、偏光ビーム・スプリッタ50と液晶空間光変調器52の間に波長板補償器（図示せず）を含めることができる。

20 【0026】光源の明るさ（ラグランジュの増加）とソース・コヒーレンスの両方を低減するという目標を達成するために、レーザ投影型ディスプレイ10の照明光学系内に拡散器34を使用する。拡散器の角度 θ_0 と拡散器34の位置は、これらの目標を考慮して選択しなければならない。システムのラグランジュは、拡散器34上の照明ビーム・プロファイルの半値幅と、拡散器34によって散乱される光の半角との積によって左右されることになる。液晶空間光変調器52の解像力と映写レンズ58の結像特性によって決まる所望の画像解像力に応じて、映写レンズは、従来技術のシステムが必要とした $f/3$ の代わりに、 $f/7 \sim f/15$ の範囲の f 数を有することができる。レンズの f 数に関する実際の設計ターゲットは、レンズの品質を決定するために指定された結像基準によって決まることになる（たとえば、レイリーまたはスパーロー結像基準を適用できるだろう）。

30 【0027】一例として、0.9"（22.86mm）対角線長の液晶空間光変調器52と $f/10$ の映写レンズ58の組合せにより、0.6mm以下という投影システムのターゲット・ラグランジュが指定されることになる。この例では、拡散器34は半角 $\theta_0 = 3^\circ$ を有することができる、2.2mm径の平行ビームによって照らされるように照明システム内に配置することができる。この例では、レーザ光のラグランジュは0.3 μ m以下から0.57mm以下に低減されることになり、鏡面反射性の $f/10$ ビームが0.9"（22.86mm）対角線長の液晶空間光変調器52に供給されるだろう。

40 【0028】したがって、適切な拡散器34を選択することにより、光学系の要求に合うように効果的なレーザ光源のラグランジュまたは明るさを定義することがで

き、それにより、従来のランプ・ベースのシステムに比べ、システム光の効率を高め、光学設計を単純化することができる。

【0029】拡散器34はレーザ光のコヒーレンスをある程度は低減するが、レーザ光は、出射ビームにスペックルを付与するのに十分なほどコヒーレント状態を維持することになる。このスペックルは、さらに低減しない限り、不要な光度のランダム変動として液晶空間光変調器52とスクリーン60の両方に存在することになる。しかし、フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート40は、主に液晶空間光変調器52に対して均一照射を行うが、スペックル除去およびアーティファクト除去に対する拡散器34の効果も増幅する。これは、液晶空間光変調器52上で、したがって、スクリーン60上の像内で、拡散器34による多くの貢献をオーバーラップすることによって発生する。その結果として液晶空間光変調器52とスクリーン60側の照明光内に発生するスペックルは、フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート40を使用しない同様のシステムに比べ、サイズおよび等級が大幅に低減されるが、この残留スペックルは依然として

重大なアプリケーションで好ましくない可能性がある。【0030】スペックルをさらに低減するために、拡散器34が少なくとも拡散面の特徴的なフィーチャ・サイズ分だけ移動するように、拡散器34に直線運動、回転運動、またはランダム運動を付与する運動付与手段36に拡散器34が取り付けられている。この運動の周波数はフリッカ周波数（たとえば、約40Hz）より高くなければならない。運動付与手段36は、たとえば、拡散器34に円運動または楕円運動を付与するために拡散器34に接続された電気モータを含むことができる。別法として、運動付与手段36は、不均衡回転子を含む振動モータを含むことができ、その振動モータにはスプリングで拡散器34が取り付けられている。また、運動付与手段36は、ACドライブが供給された電圧制御リニア・アクチュエータとして、または拡散器34に回転運動を付与する回転ホイールとして設けることもできる。

【0031】フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の使用と、レーザ投影型ディスプレイ10内の移動拡散器34との組合せにより、スペックル低減が大幅に強化される。拡散器34は、フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の効果により拡散器34の小さい運動後に相関解除状態になるようなスペックル・パターンを液晶空間光変調器52の表面上およびスクリーン60上に生成する。その結果、従来技術のシステムと比べたときに、使用する拡散器34の運動をかなり小さいものに行うことができるか、または拡散器34の運動が同じである場合に得られる平均スペックル・パターンがかなり多数になる。

【0032】さらに、拡散器34を照明システム内に配置することにより、拡散器34が画像品質を低下させな

いことが保証される。拡散器によりある物体を結像すると、画像の軟化が発生するが、その程度は結像システム内の拡散器の相対位置に依存する。拡散器が中間像平面に位置すると最小量の軟化が発生するが、その場合、拡散器の表面構造から軟化が発生する。拡散器の配置にわずかなエラーがあるかまたは光軸に対して拡散器が縦運動する場合、画像品質の低下がかなり悪化する。照明路内に拡散器34を配置すると、拡散器34による結像が行われないので、光弁に対して共役の平面に拡散器を慎重に配置する必要が回避される。

【0033】照明路内の拡散器34の位置に関する選択肢は図1に示すもの以外にもいくつかある。図1に示す好ましい位置はフライ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の直前である。これは、いくつかの理由により好ましいものである。第一に、小さい拡散角 θ_0 でも適切なラグランジュを達成することができ、それにより、フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート40による良好なスループットが保証される。第二に、拡散器34がフライ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の前に位置するので、液晶空間光変調器52に対する矩形照明の軟化がまったく発生しない。第三に、フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の直前にある場合、拡散器の様々な特徴による移相貢献にオーバーラップするフライ・アイ（ハエの眼）インテグレート40の利点が最大限になる。第四に、平行空間内にある場合、拡散特性に対して角度が依存しても、ビームの空間範囲一面で拡散の変動が発生しない。

【0034】移動拡散器34の様々な代替位置は本発明により達成可能である。たとえば、拡散器34はコリメーティング・レンズ30の前に配置することができる。レーザ・ビーム拡大のNA（開口数）とビーム・サイズの低減により、好ましい位置に比べ、同程度の明るさの低減を達成するために必要な拡散角はわずかに大きくなるだろう。これは、好ましい位置で必要な拡散角が市販の拡散器には小さすぎるときに利点になる可能性がある。もう1つの利点は、所与の拡散器34の場合に、コリメーティング・レンズ30に対する拡散器34の位置を選択することにより、ソース・ラグランジュを正確に設定できることである。欠点は、拡散器34が入射角に依存しているためにビーム領域一面にわたって拡散特性が変動し、それがスペックルの低減および均一性に影響する可能性があることである。

【0035】拡散器34について可能なもう1つの位置は発散レンズ26の焦点である。これは、レーザの明るさについて非常に小規模な低減が望ましいときに有用である可能性がある。というのは、拡散器34がビーム拡大器24と相俟って機能することによってもたらされるビームの角度範囲（開口数）の増加によってラグランジュが左右されるからである。この結果、平行ビーム32内に拡散器34を配置することによって得られる規模の

明るさの低減とは対照的に、比較的小規模な明るさの低減($<20X$)が得られる可能性がある。この位置は、大きい拡散角を備えたコリメーティング・レンズ30での口径食により、大規模な明るさの低減にはあまり効率が良くないという欠点を有する。さらに、焦点に対する拡散器34の位置に対する感度と、拡散器の特徴と集束ビームとの相互作用のために、ラグランジュの低減も、より制御しにくいものになる。最後に、拡散器34を焦点に配置することは、非常に大規模なスペックルを発生し(スペックルが目に見えないようにするために拡散器の大きく速い運動を必要とし、その結果、潜在的に均一性が不良になる)、拡散器の材料に物理的損傷を与える可能性をもたらすという欠点を有する。

【0036】拡散器について可能なその他の位置は、フライ・アイ(ハエの眼)インテグレート40の内部またはその後ろである。照明内のエッジ・ロールオフを防止するために、フライ・アイ(ハエの眼)インテグレート40内に配置された拡散器34は、第1の小型レンズ・アレイ42aの直後に位置決めしなければならない。スペース上の制約により、これは達成しにくいものになる可能性があり、必然的に何らかのエッジ・ロールオフをもたらすことになるだろう。フライ・アイ(ハエの眼)インテグレート40の後ろに位置する拡散器34は、できるだけ液晶空間光変調器52に接近して配置しなければならない。拡散器34は結像路内に配置してはならないので、これは、反射変調器の場合に非常に困難になる可能性がある。このため、スペースおよび画像品質上の制約により、これは反射空間光変調器の場合にあまり望ましくない位置になる。空間光変調器52の付近に拡散器34を配置することのもう1つの欠点は、拡散器34による貢献にオーバーラップする場合のフライ・アイ(ハエの眼)インテグレート40の恩恵が打ち消されることである。

【0037】要約すると、本発明によれば、拡散器は光源20と空間光変調器52の間に位置し、拡散器34の好ましい位置はビーム拡大オブティクス24とフライ・アイ(ハエの眼)インテグレート40の間の平行ビーム32内になる。これにより、ラグランジュ、照明の均一性、スペックルの低減に対する最適な制御の組合せが得られるように思われる。また、ビーム成形オブティクス38は第1の小型レンズ・アレイ42aの小型レンズを液晶空間光変調器52上に結像するので、第1の小型レンズ・アレイ42aの直前に位置する拡散器34は、液晶空間光変調器52に対してほぼ共役の状態になるだろう。共役とは、介在オブティクスによって拡散器が空間光変調器上に結像されることを意味する。モデリングによれば、これがスペックル低減のために最適な位置になりうることを示唆されている。

【0038】図2は、Texas Instrumentsから入手可能なDLPチップなどのマイクロミラー

・アレイ74を使用するレーザ投影型ディスプレイ70の断面図を示している。光を変調するために制御偏光効果を当てにしている、液晶空間光変調器を使用するシステムとは異なり、マイクロミラー・アレイ74は、ピクセルごとの光のビームレットの角度制御を使用する。このシステムは図1に示すシステムと実質的に同じであるが、照明はマイクロミラー光弁74の上の開口部82に収束する。個々のピクセルは、映写レンズ58の開口部を通してまたはストップ80(すなわち、シュリーレン光学系)に向かって光を誘導するマイクロミラーによって形成される。ピクセルの明るさは、レンズの開口部82を通して光が誘導される時間が1フレームに占める割合を選択することによって制御される。

【0039】拡散器34の最大拡散角は、ミラーをオフ状態に切り替えたときに、ごくわずかな光が映写レンズの開口部82を通過できるように選択する。実際には、これは、ミラーの傾斜角(たとえば、約 20°)の2倍よりかなり小さい拡散角(光弁空間内)になる。たとえば、レーザ・ビーム32が拡散されて0.6mm以下のラグランジュを提供する前述のシステムについて検討するが、この場合、標準的なDLPチップは0.7"(17.78mm)の対角線長寸法を有する。ラグランジュが一定に保持されている場合、その結果得られるコレクションは約 $f/7.5$ または約 4.0° の半角になる。このシステム速度は、DLPシステムに使用するもの(約 $f/3.5$)よりかなり低速であり、したがって、簡略化した映写レンズの設計が可能になるだろう。また、この速度低下の結果、従来技術のシステムよりコントラスト変調が高くなる可能性があるだろう。

【0040】スペックル除去効果を拡大するためまたはレーザ・ビームの明るさの低減からスペックル除去を切り離すために、複数の拡散器を使用することもできる。図3は、複数の拡散器34、92を取り入れたレーザ投影型ディスプレイ90を示している。拡散器のうちの少なくとも1つは運動付与手段36、94によって移動する。光変調器96の照明からの拡散によって発生しそうな大ざっぱな強度変動を除去するために第1の拡散器34が移動することは好ましいことである。2つの運動付与手段(36および94)を1つのメカニズムに結合し、それにより両方の拡散器に運動を付与することができる。

【0041】図4は、レーザ・ビームの時間的コヒーレンスを低減するために光路遅延の差を取り入れたレーザ投影型ディスプレイ100を示している。部分反射ミラーのアレイ102は、レーザのコヒーレンス長程度またはそれ以上の光路長の差を隣接ビーム104間に賦課する。部分反射ミラー102(すなわち、N個のミラー)のアレイによってN本のビームが発生する。部分反射ミラーのアレイはこの実施形態ではビーム拡大器として機能する。フライ・アイ(ハエの眼)アレイ40は、光弁

側で均一照明を行うために各ビームが照らすM個の小型レンズを有するように設計され、したがって、各アレイには合計で少なくともM×N個の小型レンズが存在する。スクリーン60での効果は、N本のレーザ・ビームのそれぞれによって拡散器と、所与のビームが使用するM対のフライ・アイ（ハエの眼）小型レンズ対と、スクリーンが指図するそれ自体の精密スペックル・パターンが発生することである。N個のスペックル・パターンは、拡散器が運動しなくても全体的な平均化が行われるように一貫せずに累積される。拡散器は、そのシーンからスペックルをより完全に除去するために各スペックル・パターンを洗い落とすように移動することができる。

【0042】液晶パネルまたはマイクロミラー・アレイなどの二次元（領域）空間光変調器に関して本発明を説明してきた。しかし、本発明は、Silicon Light Machinesからの格子光弁（GLV）またはKowarzにより2000年1月26日に出願された米国特許出願第09/491354号に記載された等角格子装置などの線形空間光変調器に基づく投影システムにも適用することができ、同出願は参照により本明細書に組み込まれる。

【0043】図5は、画像データをコード化するために線形空間光変調器124を使用するレーザ投影型ディスプレイ110を示している。光弁アレイの長さ（同図のx方向）に沿って光を拡散するだけの一次元拡散器114を使用する。拡散に平行な方向（すなわち、x方向）への拡散器の運動は、運動付与手段116によって付与される。その運動の成分がx方向である限り、二次元運動を使用することができる。一次元拡散器114は、光弁を効率よく照らすために十分な拡散を発生するが、像側にフレア光をもたらすほど十分ではない。一例としては、MEMSOpticalから入手可能な回折ライン・ジェネレータの1つが考えられる。

【0044】アナモルフィック・ビーム拡大器112は、線形光弁の方向（x方向）にレーザ・ビーム22を拡大する。このアナモルフィック・ビーム拡大器は、たとえば、光学設計分野の当業者にとって周知のように、無限焦点対の円柱レンズにすることができる。一次元フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート118は、第1および第2の円柱小型レンズ・アレイ120a、120bを含み、その小型レンズは小型レンズ・アレイ方向（光弁アレイ方向、すなわち、x方向でもある）にのみ出力を有する。アナモルフィック・ビーム結合オプティクス122は、線形光変調器124の長さに対して幅が一致した均一照明と、光弁の細幅方向（クロスアレイまたはy方向）の適切な照明を発生する。光弁が格子光弁である実施形態では、アナモルフィック・ビーム結合オプティクスは、細幅方向（y方向）に光弁側に焦点を生成する。

【0045】線形光弁は画像の単一線128を生成す

る。ガルバノメータ・ミラー126、旋回多角形、または回転プリズムなどのスキャナはスクリーンを横切る画像線を一掃し、二次元画像130を形成する。

【0046】簡潔にするため、単一レーザ・ビームと単一空間光変調器を使って本発明を実証してきた。図6は、本発明の概念を使用したフルカラー・レーザ投影型ディスプレイ150を示している。好ましい実施形態では、RGBレーザ160は、それぞれ赤色、緑色、青色のレーザ・ビーム162R、162G、162Bを同時に生成するために他の非線形光学素子（図示せず）によって光学パラメトリック発振器をポンピングする単一レーザ発振器を含む。別法として、RGBレーザ源160は、個別レーザまたはレーザ・アレイを含み、各レーザまたは個別アレイが赤色光、緑色光、青色光を発生することができる。従来のシステムと同様に、図6の投影型ディスプレイ150は、ビーム拡大オプティクス（164R、164G、164B）と、運動付与手段（168R、168G、168B）によって駆動される1つまたは複数の移動拡散器（166R、166G、166B）と、任意選択のプリポライザ（170R、170G、170B）と、フライ・アイ（ハエの眼）インテグレート（172R、172G、172B）と、結合オプティクス（174R、174G、174B）と、偏光ビーム・スプリッタ（176R、176G、176B）と、空間光変調器（178R、178G、178B）と、偏光検光子（179R、179G、179B）とを含む。同図は、液晶光弁とともに使用する好ましい実施形態の場合のみを示している。同じ概念は、代替実施形態および前述の他の光弁にも適用することができる。

【0047】図6に示すように、たとえばXプリズム180を使って投影画像の赤色成分と緑色成分と青色成分を合成してマルチカラー・ビーム182を形成し、投影オプティクス184により送り出す。別法として、当技術分野で既知のように、プレート・ダイクロイック・ミラーまたはフィリップス・プリズム構成を使用して、赤色成分と緑色成分と青色成分を合成することができる。別法として、単一セットのビーム拡大オプティクス、拡散器、ビーム結合オプティクスを通過する前に、これらのカラー成分を1つの白色光ビームに合成することができる。この実施形態では、光弁の直前で照明光を3色に分離し、光弁の直後に再合成することになるだろう。

【0048】本発明のカラー順次式実施形態によれば、単一の白色光ビームは単一セットのビーム拡大オプティクス、拡散器、ビーム結合オプティクスを通過する。カラー順次画像を生成するために、赤色光、緑色光、青色光で単一光弁を順次照らすように、白色光ビーム内に赤色、緑色、青色のフィルタ・ホイールを配置する。別法として、レーザは赤色光、緑色光、青色光を順次放射することができる。フィルタ・ホイールは不要になる。

【0049】所与の好ましい実施形態を特に参照して本

発明を詳細に説明してきたが、本発明の精神および範囲内で変形形態および変更形態が実施可能であることが分かるだろう。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 液晶光弁を使用する、本発明によるレーザ表示システムの断面図である。

【図 2】 マイクロミラーアレイ光弁を使用する、本発明によるレーザ表示システムの断面図である。

【図 3】 複数の拡散器を取り入れた、本発明によるレーザ表示システムの代替実施形態の断面図である。

【図 4】 コヒーレンス長程度の複数のディスプレイを取り入れた、本発明によるレーザ表示システムの代替実施形態の断面図である。

【図 5】 線形光弁システムに適用された本発明の斜視図である。

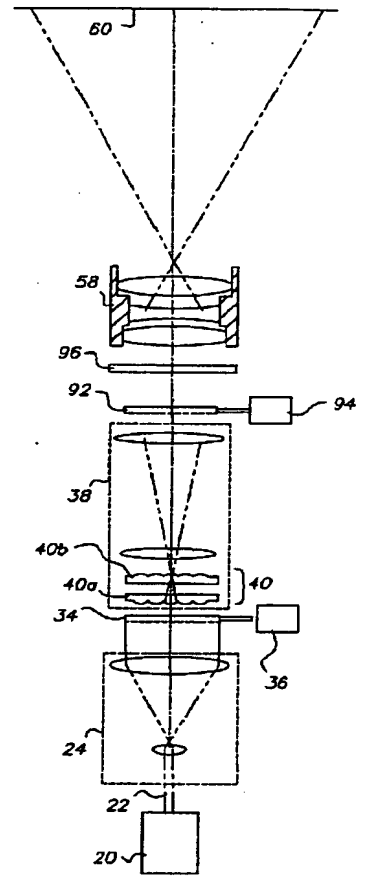
【図 6】 液晶光弁を使用するフルカラー・レーザ表示システムの断面図である。

【符号の説明】

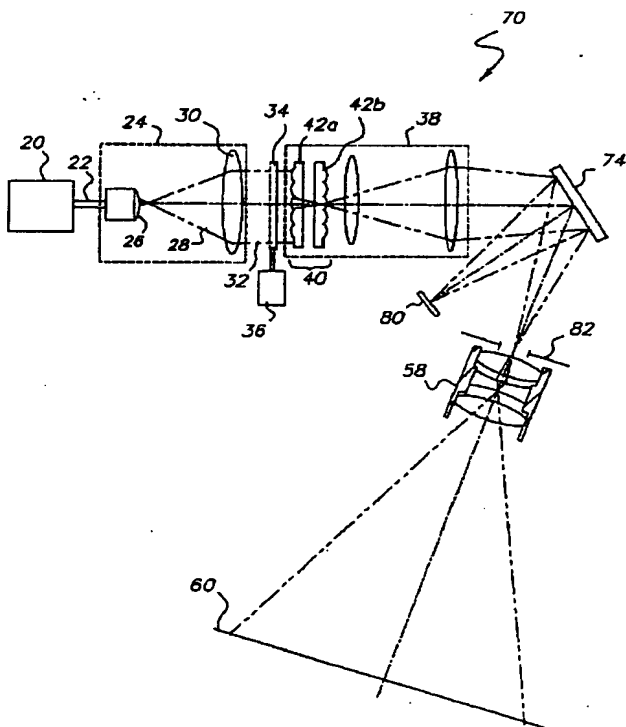
10 レーザ表示システム、20 レーザ、22 レーザ・ビーム、24 ビーム拡大オブティクス、26 発散レンズ、28 発散ビーム、30 コリメーティング・レンズ、32 平行ビーム、34 拡散器、36 運動付与手段、38 ビーム成形オブティクス、40 フライ・アイ（ハエの眼）インテグレータ、42 a 第 1 の小型レンズ・アレイ、42 b 第 2 の小型レンズ・アレイ、44 集光レンズ、46 視野レンズ、48 プリポラライザ、50 偏光ビーム・スプリッタ、52 液晶空間光変調器、54 検光子、56 変調光ビーム、58 映写レンズ、60 スクリーン、70 レーザ投影型ディスプレイ、74 マイクロミラー・アレイ、80 ストップ、82 開口部、90 レーザ投影型ディスプレイ、92 二次拡散器、94 二次運動付与手段、96 空間光変調器、100 レーザ投影型ディスプレイ、102 部分反射ミラーのアレイ、104 ビーム・アレイ、110 レーザ投影型ディスプレイ、1

12 アナモルフィック・ビーム拡大オブティクス、114 一次元拡散器、116 一次元運動付与手段、118 一次元フライ・アイ（ハエの眼）インテグレータ、120 a 第 1 の円柱小型レンズ・アレイ、120 b 第 2 の円柱小型レンズ・アレイ、122 アナモルフィック・ビーム結合オブティクス、124 線形空間光変調器、126 スキャナ、128 画像線、130 領域画像、150 フルカラー・レーザ投影型ディスプレイ、160 RGB レーザ、162 R 赤色レーザ・ビーム、162 G 緑色レーザ・ビーム、162 B 青色レーザ・ビーム、164 R 赤色ビーム拡大オブティクス、164 G 緑色ビーム拡大オブティクス、164 B 青色ビーム拡大オブティクス、166 R 赤色チャンネル拡散器、166 G 緑色チャンネル拡散器、166 B 青色チャンネル拡散器、168 R 赤色チャンネル運動付与手段、168 G 緑色チャンネル運動付与手段、168 B 青色チャンネル運動付与手段、170 R 赤色チャンネル・プリポラライザ、170 G 緑色チャンネル・プリポラライザ、170 B 青色チャンネル・プリポラライザ、172 R 赤色チャンネル・フライ・アイ（ハエの眼）インテグレータ、172 G 緑色チャンネル・フライ・アイ（ハエの眼）インテグレータ、172 B 青色チャンネル・フライ・アイ（ハエの眼）インテグレータ、174 R 赤色チャンネル結合オブティクス、174 G 緑色チャンネル結合オブティクス、174 B 青色チャンネル結合オブティクス、176 R 赤色チャンネル偏光ビーム・スプリッタ、176 G 緑色チャンネル偏光ビーム・スプリッタ、176 B 青色チャンネル偏光ビーム・スプリッタ、178 R 赤色チャンネル空間光変調器、178 G 緑色チャンネル空間光変調器、178 B 青色チャンネル空間光変調器、179 R 赤色チャンネル検光子、179 G 緑色チャンネル検光子、179 B 青色チャンネル検光子、180 Xプリズム合成器、182 マルチカラー・ビーム、184 投影オブティクス、 θ_0 最大拡散角。

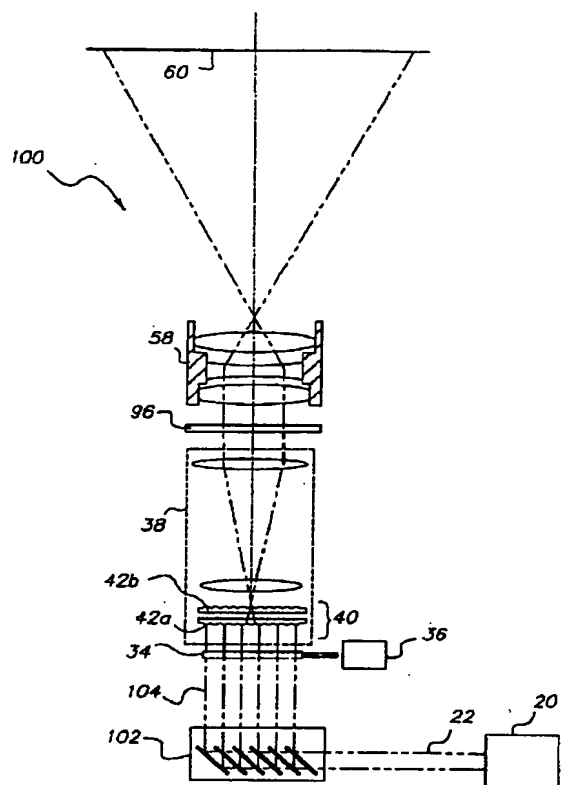
【图 3】



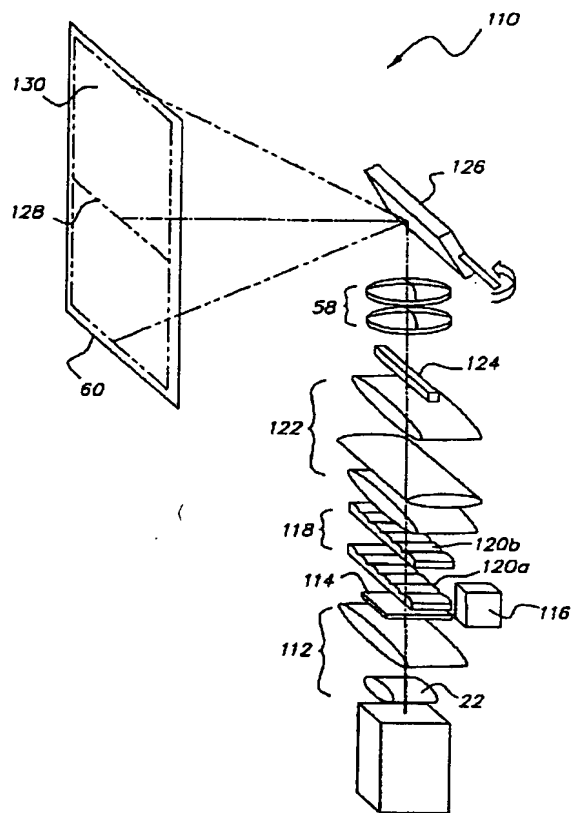
【圖 2】



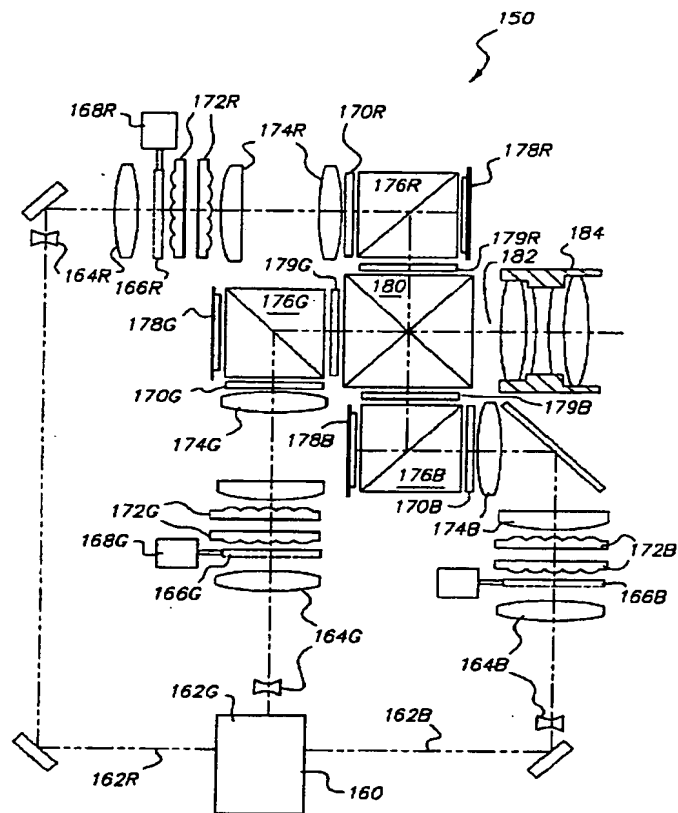
【図 4】



【図 5】



【図6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H088 EA15 EA16 HA18 HA20 HA21
 HA24 HA25 HA28 MA01 MA20
 2K103 AA01 AA05 AA14 BA01 BA17
 BC26 BC41